

短繊維補強ポーラスコンクリートの内部ひび割れ性状に関する実験的研究

東北学院大学工学部

正会員

○大友 鉄平

東北学院大学工学部

フェロー

大塚 浩司

東北学院大学工学部

正会員

武田 三弘

1. はじめに

ポーラスコンクリート(以下 PoC と記す)は、環境負荷低減型コンクリートとして舗装構造物に、また生物共生型コンクリートとして植生基盤やビオトープ等へ積極的に利用されている。しかしながら、PoC は連続空隙を有しているために、一般のコンクリートに比べて強度や耐久性の低く、きわめて脆性的であることが懸念されている。そこで本研究は、セメントに対してシリカフュームを置換し、同時に短繊維を混入した補強PoC¹⁾を作製し、圧縮載荷時にPoC内部に発生するひび割れおよびその累積・連結の抑制を目的として、PoC の脆性改善に関する実験をおこなったものである。実験は、載荷によって発生した PoC の内部ひび割れを微小焦点 X 線 CT スキャンシステムによって観察および定量的に評価し、普通 PoC と補強 PoC との比較をおこなった。その結果より、シリカフュームの置換や短繊維の混入が PoC の力学的性状の改善に与える効果について検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

セメントは、早強ポルトランドセメントを使用し、骨材は、粒径の異なる 3 種類(5～10mm:Gmax10mm, 10～15mm:Gmax15mm および 15～20mm:Gmax20mm)を使用して PoC 供試体を作製した(表-1)。混和材はシリカフュームを使用し、各補強 PoC のセメント量に対して 30%置換した。また繊維は、ポリビニルアルコールを使用した。この繊維は微細な短繊維であり、各補強 PoC に対して混入した。混入率は、0.5、1.0 および 1.5Vol%とし、PoC の単位容積比に対して設定した。繊維は、練混ぜ前にエアーコンプレッサを用いて分散させた後に使用した。PoC 供試体の種類を表-2 に、PoC の配合を表-3 に示す。なお、PoC の施工性を考慮して高性能 AE 減水剤を使用し、添加量をセメント質量比の 1%とした。

2.2 載荷実験およびひび割れの測定

載荷は材料試験機を使用し、任意の荷重点(初期, 0.8Pmax, Pmax および 0.3Pmax)に達するまでおこなった。PoC 内部に発生したひび割れの撮影は、微小焦点 X 線 CT スキャンシステムを使用し非破壊的に撮影して、PoC 供試体の外観および内部の二次元的、三次元的な観察をおこなった。さらにはその撮影したデータを画像処理して、載荷によって発生したひび割れの個数およびその長さを測定して、普通PoCと補強PoCとの比較を定量的に評価した。なお、撮影をおこなう際は、載荷によって PoC 供試体の内部に発生したひび割れをより鮮明に表現するために、任意の荷重点に達した時点で PoC 供試体を造影剤に 60 分間浸透させた後に撮影をおこなった。また、いずれの供

表-1 使用材料

種類	材料名	記号	備考
セメント	早強ポルトランドセメント	C	密度3.13g/cm ³ , 比表面積4240cm ² /g
粗骨材	山形県 上山産碎石	Gmax 10mm Gmax 15mm Gmax 20mm	密度2.63g/cm ³ , 吸水率1.52%, F.M.6.42 密度2.66g/cm ³ , 吸水率1.11%, F.M.7.02 密度2.66g/cm ³ , 吸水率1.11%, F.M.7.02
混和材	シリカ フューム	S	密度2.20g/cm ³ , 平均粒径0.15 μ m
混和剤	高性能 AE減水剤	-	ポリカルボン酸エーテル系 密度1.04g/cm ³

表-2 供試体の種類

種類 粒径	普通PoC (N・PoC)	補強PoC (S+F・PoC)
5～10mm (Gmax10mm)	N	S+F0.5 S+F1.0 S+F1.5
10～15mm (Gmax15mm)	N	S+F0.5 S+F1.0 S+F1.5
15～20mm (Gmax20mm)	N	S+F0.5 S+F1.0 S+F1.5

表-3 PoC の配合

Gmax (mm)	W/C (%)	P/G (%)	単位量 (kg/m ³)			シリカ フューム S (%)	繊維 F (vol%)
			W	C	G		
10	30	30.9	88	294.5	1551	30	0.5, 1.0, 1.5
15		31.2					0.5, 1.0, 1.5
20							0.5, 1.0, 1.5

キーワード 補強ポーラスコンクリート, 内部ひび割れ, 繊維, シリカフューム

連絡先 〒985-8537 宮城県多賀城市中央 1-13-1

TEL 022-368-7479 FAX 022-368-7479

試体においても荷重変位曲線を求め、その結果からも普通 PoC と補強 PoC との比較をおこなっている。

3. 実験結果および考察

図-1 は、載荷実験より得られた荷重変位曲線の一例であり、骨材粒径 $G_{max}15mm$ のデータである。普通 PoC は、 P_{max} に達した後に荷重が急激に低下し、変位 $1mm$ 程度に達したところで骨材やセメントペーストがはく落して供試体の形状維持が困難な状態となった。一方、補強 PoC では、普通 PoC と同様に P_{max} に達した後に荷重の低下が認められるものの、いずれの補強 PoC においても普通 PoC に比べ荷重が緩やかに低下する傾向がみられ、変位 $2.5mm$ を経過しても $0.2\sim0.3P_{max}$ を維持していた。また、荷重は変位が $5mm$ を越えても 0 にならないことから、PoC の形状維持の観点からも繊維の混入がきわめて有効な手段であると考えられる。

図-2 および図-3 は、任意の荷重点において微小焦点 X 線 CT スキャンシステムで内部を非破壊的に撮影した普通 PoC と補強 PoC の断面画像とひび割れのトレース図である。画像は、 P_{max} 時と終局時に撮影したものであり、断面の一例である。普通 PoC の P_{max} 時におけるひび割れの発生は、各断面においても骨材とセメントペーストとの界面部分から数多くのひび割れが発生していることが確認できた(図-2)。また、終局時になるとそのひび割れは累積および連結し、それによって骨材がはく離している箇所も多くみられた。一方、補強 PoC の P_{max} 時におけるひび割れの発生は、内部の断面画像をみてもわかるように普通 PoC に比べてきわめて少なく、また、ひび割れ長さおよび個数の定量化からも同様の結果が得られている(図-3)。なお、この現象は、 $G_{max}10mm$ と $G_{max}20mm$ の供試体においても同様の傾向であった。したがって PoC を補強することは、圧縮荷重によるひび割れの発生および累積・連結を抑制する効果が得られると考えられる。また、ひび割れ長さおよび個数の定量化結果より、繊維の混入量が高い補強 PoC ほど、その抑制効果が大きい結果が得られている。したがって繊維の混入による PoC の補強は、ひび割れの橋渡し効果があると考えられる。

4. まとめ

- (1) 普通 PoC は、 P_{max} 以降に急激な破壊が生じるのに対して、補強 PoC では P_{max} 以降の急激な破壊が確認できなかった。したがって、補強は PoC の脆性改善に与える効果があると考えられる。
- (2) 圧縮荷重によって PoC 内部に発生したひび割れの個数および長さは、いずれの粒径においても普通 PoC に比べて補強 PoC が少なかった。したがって、PoC を補強することによって圧縮荷重によるひび割れの発生およびその累積・連結を抑制できることがわかった。
- (3) 繊維の混入率が高い PoC は、圧縮荷重によるひび割れの累積および連結を抑制する効果が大きいことがわかった。

【参考文献】

- 1) 大友鉄平・大塚浩司・北辻政文・阿波稔, シリカフェームおよび微細繊維を混入したポーラスコンクリートの耐凍害性と植物の生長, コンクリート工学論文集, Vol.18, No.3, pp.9-22, 2007.9

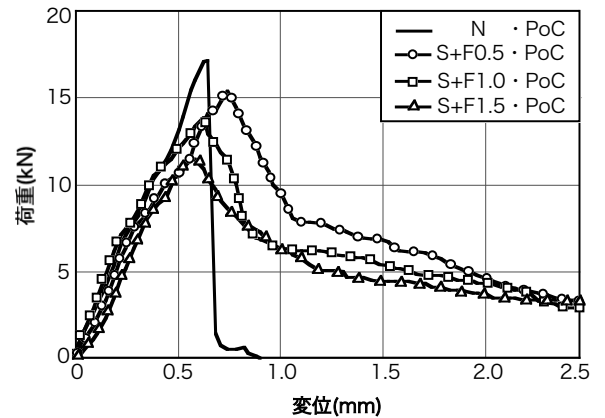


図-1 荷重変位曲線 ($G_{max}15mm$)

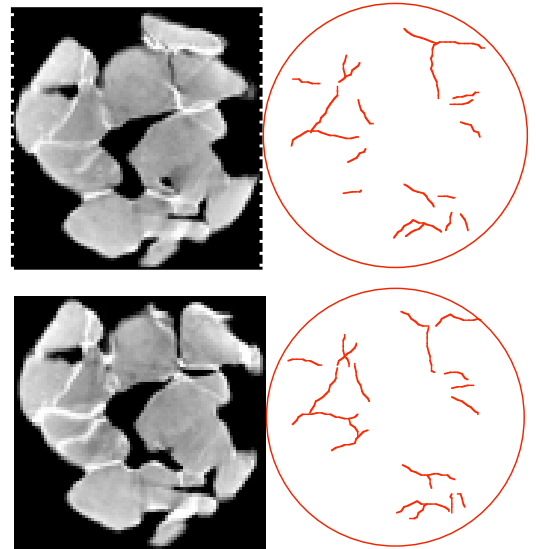


図-2 N · PoC の断面画像とトレース図
 P_{max} 時と終局時 ($G_{max}15mm$)

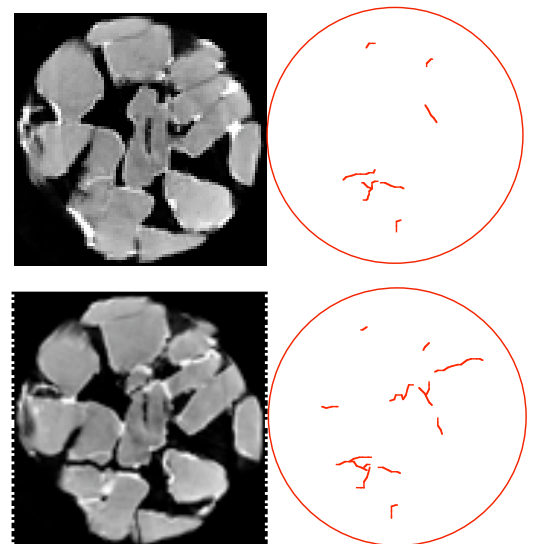


図-3 S+F · PoC の断面画像とトレース図
 P_{max} 時と終局時 ($G_{max}15mm$)